

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number : 08-010970

(43) Date of publication of application : 16.01.1996

(51) Int.CI.

B23K 26/00

B23K 26/00

B23K 26/06

B23K 26/08

(21) Application number : 06-140578

(71) Applicant : SONY CORP

(22) Date of filing : 22.06.1994

(72) Inventor : AKAO SHIGERU
KIMURA KEIICHI

(54) METHOD AND EQUIPMENT OF LASER BEAM MACHINING

(57) Abstract:

PURPOSE: To provide the laser beam machining equipment and method thereof to cut the composite material consisting of plural layers with using laser beam, in particular, ultraviolet laser beam, to pierce and groove.

CONSTITUTION: Laser beam flux 100a, 100b, 100c corresponding to plural layers 10A, 10B, 10C constituting a composite material 10 are prepared, each irradiating point of the laser beam flux is constituted so that the optimum energy density is obtained corresponding to the layers 10A, 10B, 10C to be machined. Accordingly, because each layer 10A, 10B, 10C of the composite material 10 is machined by the optimum energy density, non-thermal working is achieved.

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-010970

(43)Date of publication of application : 16.01.1996

(51)Int.CI. B23K 26/00

B23K 26/00

B23K 26/06

B23K 26/08

(21)Application number : 06-140578

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 22.06.1994

(72)Inventor : AKAO SHIGERU
KIMURA KEIICHI

(54) METHOD AND EQUIPMENT OF LASER BEAM MACHINING

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide the laser beam machining equipment and method thereof to cut the composite material consisting of plural layers with using laser beam, in particular, ultraviolet laser beam, to pierce and groove.

CONSTITUTION: Laser beam flux 100a, 100b, 100c corresponding to plural layers 10A, 10B, 10C constituting a composite material 10 are prepared, each irradiating point of the laser beam flux is constituted so that the optimum energy density is obtained corresponding to the layers 10A, 10B, 10C to be machined. Accordingly, because each layer 10A, 10B, 10C of the composite material 10 is machined by the optimum energy density, non-thermal working is achieved.

[Supplementary explanation added by YAMAKAWA]

Figs. 1A, 1B and 1C are views to explain a laser beam machining method in accordance with the present invention. In these Figures, a composite material 10 is mounted on a two-axis stage 111 which moves the material in X-axis and Y-axis directions at every step. Reference numerals 27a, 27b and 27c denote respective lenses corresponding to plural layers 10A, 10B, 10C.

Figs. 2 and 3 are respective views in block diagram form of a first and second embodiments of the laser beam machining equipment for cutting the composite material and for boring hole(s) in the composite material, respectively, according to the present invention.

In Fig 2, reference numerals 11a and 11c denote a first and a second light sources; 12a 12c, 13a and 13c deflection mirrors; 21a and 21c homogenizers for making uniform the intensity of the energy distribution; 14a a half-mirror; 14b, 14c deflection mirrors; 23a, 23b and 23c a first, second and third attenuators for attenuating the intensity of the energy; 25a, 25b and 25c a first, a second and a third masks each having a rectangular window, for example; and 27a, 27b and 27c a first, a second and a third lenses for making an image of the first, second and third masks, respectively, on the irradiated surface of the first, second and third layers of the composite material 10.

Furthermore, in Fig 3, reference numerals 31a and 31b denote a first and a second shutters; 15a a deflection mirror; and 15b and 16 half-mirrors.

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-10970

(43)公開日 平成8年(1996)1月16日

(51)Int.Cl.
B 23 K 26/00
26/06
26/08

識別記号
G
3 2 0 Z
A
E
D

府内整理番号

F I.

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数21 OL (全10頁)

(21)出願番号 特願平6-140578

(22)出願日 平成6年(1994)6月22日

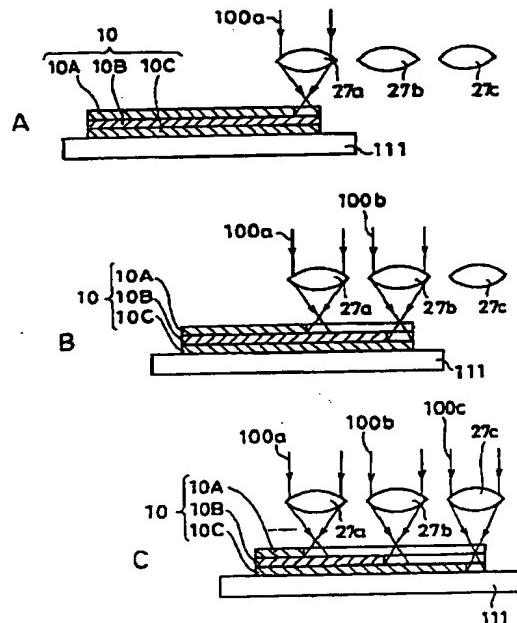
(71)出願人 000002185
ソニーリテクノロジーズ株式会社
東京都品川区北品川6丁目7番35号
(72)発明者 赤尾 茂
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニーリテクノロジーズ株式会社内
(72)発明者 木村 景一
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニーリテクノロジーズ株式会社内
(74)代理人 弁理士 松隈 秀盛

(54)【発明の名称】 レーザ加工装置及び方法

(57)【要約】

【目的】 レーザ光、特に、紫外線レーザを使用して複数の層からなる複合材料材料を切断し、穴開けし又は溝加工をするためのレーザ加工装置及び方法を提供することを目的とする。

【構成】 複合材料10を構成する複数の層10A、10B、10Cに対してそれぞれ対応するレーザ光束100a、100b、100cを用意し、斯かるレーザ光束の照射点の各々は対応する被加工層10A、10B、10Cに対して最適なエネルギー密度が得られるように構成されている。従って、複合材料10の各層10A、10B、10Cは最適なエネルギー密度によって加工されることができるのであるから、非熱的加工を達成することができる。



本発明によるレーザ加工方法の例

【特許請求の範囲】

【請求項1】複数の層を含む複合材料をレーザによって加工するためのレーザ加工装置において、上記複合材料の複数の層に対応して複数のレーザ光束を生成する光学装置と上記複合材料を支持し上記複合材料を上記光学装置に対して移動させるためのステージ装置とを有し、上記複数のレーザ光束の照射点の各々は対応する上記複合材料の複数の層の各々に対して最適なエネルギー照射密度が得られるように所定の波長及び光強さを有することを特徴とするレーザ加工装置。

【請求項2】請求項1記載のレーザ加工装置において、上記レーザ光束は波長が400nm以下の紫外線レーザであることを特徴とするレーザ加工装置。

【請求項3】請求項1又は2記載のレーザ加工装置において、上記複数のレーザ光束による照射点は互いに隔離されて1直線に沿って配置され、上記複合材料の複数の層は上側の層より順に対応する上記複数のレーザ光束の各々によって切断され、それによって上記複合材料が切断されるように構成されていることを特徴とするレーザ加工装置。

【請求項4】請求項3記載のレーザ加工装置において、上記複数のレーザ光束は対応する上記複合材料の複数の層の被加工面上にパルス照射されるように構成されていることを特徴とするレーザ加工装置。

【請求項5】請求項4記載のレーザ加工装置において、上記ステージ装置は上記複合材料を上記1直線方向に及びそれに垂直な上記複合材料の厚さ方向にステップ送りに移動させるように構成されていることを特徴とするレーザ加工装置。

【請求項6】請求項5記載のレーザ加工装置において、上記複数のレーザ光束のパルス照射毎に上記ステージ装置によって上記複合材料は上記複合材料の厚さ方向にステップ送りされ、それによって上記複合材料の層に孔が形成されると、上記ステージ装置によって上記複合材料は上記1直線方向にステップ送りされ、その位置にて再び上記複合材料の層に孔が形成され、これを繰り返して上記複合材料の層を上記1直線に沿って切断するように構成されていることを特徴とするレーザ加工装置。

【請求項7】請求項6記載のレーザ加工装置において、上記光学装置は上記複数のレーザ光束を生成するための複数の光学系を含み、該光学系の各々は光源とエネルギー強度分布を均一化するためのホモジナイザとエネルギー強度を減衰するためのアッテネータと所定形状の窓を有するマスクと該マスクの像を照射点にて結像するためのレンズとを含むことを特徴とするレーザ加工装置。

【請求項8】請求項7記載のレーザ加工装置において、上記光源はエキシマレーザ(ArF:λ=193nm)とエキシマレーザ(KrF:λ=249nm)を含むことを特徴とするレーザ加工装置。

【請求項9】請求項1又は2記載のレーザ加工装置において、上記複数のレーザ光束による照射点は同一点であり、上記複合材料の複数の層は上側の層より順に対応する上記複数のレーザ光束の各々によって孔が形成され、それによって上記複合材料に孔が形成されるように構成されていることを特徴とするレーザ加工装置。

【請求項10】請求項9記載のレーザ加工装置において、上記複数のレーザ光束は対応する上記複合材料の複数の層の被加工面上にパルス照射されるように構成されていることを特徴とするレーザ加工装置。

【請求項11】請求項10記載のレーザ加工装置において、上記ステージ装置は上記複合材料を上記複合材料の厚さ方向にステップ送りに移動させるように構成されていることを特徴とするレーザ加工装置。

【請求項12】請求項11記載のレーザ加工装置において、上記複数のレーザ光束のパルス照射毎に上記ステージ装置によって上記複合材料は上記複合材料の厚さ方向にステップ送りされ、それによって上記複合材料の各層に順に孔が形成され、これを繰り返して上記複合材料に孔が形成されるように構成されていることを特徴とするレーザ加工装置。

【請求項13】請求項12記載のレーザ加工装置において、上記光学装置は上記複数のレーザ光束を生成する複数の光学系とそれによって生成された複数のレーザ光束を1点に照射させるための集光装置とを有し、上記複数の光学系の各々は光源とエネルギー強度分布を均一化するためのホモジナイザとエネルギー強度を減衰するためのアッテネータと所定形状の窓を有するマスクと該マスクの像を照射点にて結像するためのレンズとを含むことを特徴とするレーザ加工装置。

【請求項14】請求項13記載のレーザ加工装置において、上記光源はエキシマレーザ(ArF:λ=193nm)とエキシマレーザ(KrF:λ=249nm)を含むことを特徴とするレーザ加工装置。

【請求項15】複数の層を含む複合材料をレーザによって加工するためのレーザ加工方法において、複合材料の複数の層に対応して複数のレーザ光束を用意することと、上記複合材料の複数の層の各々の照射点に対して最適なエネルギー照射密度が得られるように上記複数のレーザ光束の各々の所定の波長及び光強さ設定することと、

40 上記複合材料の複数の層の上側の層から下側の層まで順に対応する上記複数のレーザ光束の各々によって加工することと、を含むレーザ加工方法。

【請求項16】請求項15記載のレーザ加工方法において、上記レーザ光束は波長が400nm以下の紫外線レーザであることを特徴とするレーザ加工方法。

【請求項17】請求項16記載のレーザ加工方法において、上記複数のレーザ光束を被加工面上にパルス照射す

るよう構成されていることを特徴とするレーザ加工方法。

【請求項18】請求項17記載のレーザ加工方法において、

上記複数のレーザ光束のパルス照射毎に上記複合材料を厚さ方向にステップ送りし、それを繰り返して上記複合材料の層に孔を形成し、次に上記複合材料を上記1直線方向にステップ送りし、その位置にて再び上記複合材料の層に孔を形成し、これを繰り返して上記複合材料の層を上記1直線に沿って切断し、それによって上記複合材料の上側の層より順に切断し、それを繰り返して上記複合材料を切断するように構成していることを特徴とするレーザ加工方法。

【請求項19】請求項18記載のレーザ加工方法において、上記光源はエキシマレーザ(ArF: $\lambda = 193\text{ nm}$)とエキシマレーザ(KrF: $\lambda = 249\text{ nm}$)を含むことを特徴とするレーザ加工方法。

【請求項20】請求項17記載のレーザ加工方法において、

上記複数のレーザ光束のパルス照射毎に上記複合材料を厚さ方向にステップ送りし、それを繰り返して上記複合材料の層に孔を形成し、それによって同じ位置にて上記複合材料の上側の層より順に孔を形成し、それを繰り返して上記複合材料に孔を形成するように構成していることを特徴とするレーザ加工方法。

【請求項21】請求項20記載のレーザ加工方法において、上記光源はエキシマレーザ(ArF: $\lambda = 193\text{ nm}$)とエキシマレーザ(KrF: $\lambda = 249\text{ nm}$)を含むことを特徴とするレーザ加工方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明はレーザを使用して材料の切断、溝加工又は穴開け加工をするためのレーザ加工装置及び方法に関し、より詳細には、波長が400nm以下の紫外線レーザを使用して層状の複合材料を切断し、溝を形成し又は穴開けするためのレーザ加工装置及び方法に関する。

【0002】

【従来の技術】現在、材料の切断、穴開け又は溝加工に、波長が400nm以下のレーザ、即ち、紫外線レーザが使用されている。紫外線レーザを使用すると、加工中に熱が発生しにくく熱歪みが少ない非熱加工、即ちアブレーション加工が可能である。従って、従来の波長が400nm以上のレーザ、例えば、CO₂レーザ(波長 $\lambda = 10.6\mu\text{m}$)、YAGレーザ(波長 $\lambda = 1.06\mu\text{m}$)を使用する場合のように熱加工ではないから、より高精度の加工が可能である。

【0003】斯かる紫外線レーザとして、例えば、エキシマレーザ(ArF: $\lambda = 193\text{ nm}$)、エキシマレーザ(KrF: $\lambda = 249\text{ nm}$)、Nd: YAGレーザの

4倍波($\lambda = 266\text{ nm}$)がある。

【0004】紫外線レーザを使用して高精度の加工をするためには、非熱的加工、即ちアブレーション加工を達成する必要がある。熱的加工となるか非熱的加工となるかは、様々な要因によって決まる。斯かる要因として例えば、紫外線レーザの波長 λ 、紫外線レーザの照射部における照射エネルギー密度、被加工物の物性等が挙げられる。被加工物の物性には、エネルギー吸収率、熱伝導率、融点、結合解離エネルギー等が含まれる。

【0005】被加工物の表面における照射エネルギー密度が大きいと熱的加工が支配的となり、熱歪みに起因して加工精度が低下する。被加工物の表面における照射エネルギー密度が小さいと非熱的加工が支配的になり、高い加工精度を得ることができるが、加工速度が遅くなり、作業効率が低下する。

【0006】従って、最適な照射エネルギー密度が存在する。斯かる最適な照射エネルギー密度は使用する紫外線レーザの波長と被加工物の物性例えばエネルギー吸収率によって決まる。即ち、使用する紫外線レーザの波長と被加工物の材質によって、最適な照射エネルギー密度も変化する。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】従来、被加工物が単一材料よりなる場合には、紫外線レーザの波長を適当に選択して、所定の最適な照射エネルギー密度を得ることができた。それによって効率的に非熱的加工によって被加工物を加工することができた。

【0008】しかしながら、複数の層が積層された複合材料を加工する場合には、斯かる方法によって高い加工精度を達成することはできない。なぜなら、各層を形成する異なる材料に対して最適な紫外線レーザ波長と照射エネルギー密度はそれぞれ異なる。従って、单一の照射エネルギー密度によって、複合材料を加工すると、1つの層に対して高い精度で加工することができても、他の層に対して高い精度にて加工することはできない。

【0009】本発明は斯かる点に鑑み、レーザを使用して複数の層が積層された複合材料を加工する場合に、高い精度にて加工することができるレーザ加工装置及び方法を提供することを目的とする。

【0010】本発明は斯かる点に鑑み、レーザを使用して複数の層が積層された複合材料を加工する場合に、効率的に加工することができるレーザ加工装置及び方法を提供することを目的とする。

【0011】本発明は斯かる点に鑑み、紫外線レーザを使用して複数の層からなる複合材料を切断し、穴開けし又は溝加工をするためのレーザ加工装置及び方法を提供することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明によると、例えば図1～図3に示すように、複数の層10A、10B、1

0°Cを含む複合材料10をレーザによって加工するためのレーザ加工装置において、上記複合材料10の複数の層10A、10B、10Cに対応して複数のレーザ光束を生成する光学装置と上記複合材料10を支持し上記複合材料10を上記光学装置に対して移動させるためのスージ装置111とを有し、上記複数のレーザ光束の照射点の各々は対応する上記複合材料10の複数の層10A、10B、10Cの各々に対して最適なエネルギー照射密度が得られるように所定の波長及び光強さを有することを特徴とする。

【0013】本発明によると、例えば図1～図3に示すように、レーザ加工装置において、上記レーザ光束は波長入が400nm以下の紫外線レーザであることを特徴とする。

【0014】本発明によると、例えば図1～図3に示すように、レーザ加工装置において、上記複数のレーザ光束による照射点は互いに隔離されて1直線に沿って配置され、上記複合材料10の複数の層10A、10B、10Cは上側の層より順に対応する上記複数のレーザ光束の各々によって切断され、それによって上記複合材料10が切断されるように構成されていることを特徴とする。

【0015】本発明によると、例えば図1～図3に示すように、レーザ加工装置において、上記複数のレーザ光束は対応する上記複合材料10の複数の層10A、10B、10Cの被加工面上にパルス照射されるように構成されていることを特徴とする。

【0016】本発明によると、例えば図1～図3に示すように、レーザ加工装置において、上記スージ装置111は上記複合材料10を上記1直線方向に及びそれに垂直な上記複合材料10の厚さ方向にステップ送りに移動させていることを特徴とする。

【0017】本発明によると、例えば図1～図3に示すように、レーザ加工装置において、上記複数のレーザ光束のパルス照射毎に上記スージ装置111によって上記複合材料10は上記複合材料10の厚さ方向にステップ送りされ、それによって上記複合材料10の層に孔が形成されると、上記スージ装置111によって上記複合材料10は上記1直線方向にステップ送りされ、その位置にて再び上記複合材料10の層に孔が形成され、これを繰り返して上記複合材料10の層を上記1直線に沿って切断するように構成されていることを特徴とする。

【0018】本発明によると、例えば図1～図3に示すように、レーザ加工装置において、上記光学装置は上記複数のレーザ光束を生成するための複数の光学系を含み、該光学系の各々は光源11a又は11cとエネルギー強度分布を均一化するためのホモジナイザ21a又は21cとエネルギー強度を減衰するためのアッテネータ23a、23b又は23cと所定形状の窓を有するマスク25a、25b又は25cと該マスクの像を照射点にて結

像させるためのレンズ27a、27b又は27cとを含むことを特徴とする。

【0019】本発明によると、例えば図1～図3に示すように、レーザ加工装置において、上記光源はエキシマレーザ(ArF:λ=193nm)とエキシマレーザ(KrF:λ=249nm)を含むことを特徴とする。

【0020】本発明によると、例えば図1～図3に示すように、レーザ加工装置において、上記複数のレーザ光束による照射点は同一点であり、上記複合材料10の複数の層は上側の層より順に対応する上記複数のレーザ光束の各々によって孔が形成され、それによって上記複合材料10に孔が形成されるように構成されていることを特徴とする。

【0021】本発明によると、例えば図1～図3に示すように、レーザ加工装置において、上記複数のレーザ光束は対応する上記複合材料10の複数の層10A、10B、10Cの被加工面上にパルス照射されるように構成されていることを特徴とする。

【0022】本発明によると、例えば図1～図3に示すように、レーザ加工装置において、上記スージ装置111は上記複合材料10を上記複合材料10の厚さ方向にステップ送り送りに移動させていることを特徴とする。

【0023】本発明によると、例えば図1～図3に示すように、レーザ加工装置において、上記複数のレーザ光束のパルス照射毎に上記スージ装置111によって上記複合材料10は上記複合材料10の厚さ方向にステップ送りされ、それによって上記複合材料10の各層に孔が形成され、これを繰り返して上記複合材料10に孔が形成されるように構成されていることを特徴とする。

【0024】本発明によると、例えば図1～図3に示すように、レーザ加工装置において、上記光学装置は上記複数のレーザ光束を生成する複数の光学系とそれによって生成された複数のレーザ光束を1点に照射させるための集光装置とを有し、上記複数の光学系の各々は光源とエネルギー強度分布を均一化するためのホモジナイザとエネルギー強度を減衰するためのアッテネータと所定形状の窓を有するマスクと該マスクの像を照射点にて結像するためのレンズとを含むことを特徴とする。

【0025】本発明によると、例えば図1～図3に示すように、レーザ加工装置において、上記光源はエキシマレーザ(ArF:λ=193nm)とエキシマレーザ(KrF:λ=249nm)を含むことを特徴とする。

【0026】本発明によると、例えば図1～図3に示すように、複数の層10A、10B、10Cを含む複合材料10をレーザによって加工するためのレーザ加工方法において、複合材料10の複数の層10A、10B、10Cに対応して複数のレーザ光束を用意することと、上記複合材料10の複数の層10A、10B、10Cの各々の照射点に対して最適なエネルギー照射密度が得られる

ように上記複数のレーザ光束の各々の所定の波長及び光強さ設定することと、上記複合材料10の複数の層10A、10B、10Cの上側の層から下側の層まで順に対応する上記複数のレーザ光束の各々によって加工することと、を含む。

【0027】本発明によると、例えば図1～図3に示すように、レーザ加工方法において、上記レーザ光束は波長が400nm以下の紫外線レーザであることを特徴とする。

【0028】本発明によると、例えば図1～図3に示すように、レーザ加工方法において、上記複数のレーザ光束を被加工面上にパルス照射するように構成されていることを特徴とする。

【0029】本発明によると、例えば図1に示すように、レーザ加工方法において、上記複数のレーザ光束のパルス照射毎に上記複合材料10を厚さ方向にステップ送りし、それ繰り返して上記複合材料10の層に孔を形成し、次に上記複合材料10を上記1直線方向にステップ送りし、その位置にて再び上記複合材料10の層に孔を形成し、これを繰り返して上記複合材料10の層を上記1直線に沿って切断し、それによって上記複合材料10の上側の層より順に切断し、それを繰り返して上記複合材料10を切断するように構成されていることを特徴とする。

【0030】本発明によると、例えば図1～図3に示すように、レーザ加工方法において、上記光源はエキシマレーザ(ArF:λ=193nm)とエキシマレーザ(KrF:λ=249nm)を含むことを特徴とする。

【0031】本発明によると、例えば図3に示すように、レーザ加工方法において、上記複数のレーザ光束のパルス照射毎に上記複合材料10を厚さ方向にステップ送りし、それを繰り返して上記複合材料10の層に孔を形成し、それによって同じ位置にて上記複合材料10の上側の層より順に孔を形成し、それを繰り返して上記複合材料10に孔を形成するように構成されていることを特徴とする。

【0032】本発明によると、例えば図1～図3に示すように、レーザ加工方法において、上記光源はエキシマレーザ(ArF:λ=193nm)とエキシマレーザ(KrF:λ=249nm)を含むことを特徴とする。

【0033】

【作用】本発明によれば、複合材料10を構成する複数の層10A、10B、10Cに対してそれぞれ対応するレーザ光束100a、100b、100cが提供され、斯かるレーザ光束の各々は対応する被加工層に対して最適なエネルギー密度が得られるように構成されている。従って、複合材料10の各層10A、10B、10Cは最適なエネルギー密度によって加工されることができるから、非熱的加工を達成することができる。

【0034】

【実施例】以下に図1～図3を参照して本発明の実施例について説明する。先ず図1を参照して本発明によるレーザ加工方法を説明する。図1は複数の層からなる複合材料を切断する場合を示す。複合材料10は2軸ステージ111上に装着されており、斯かる2軸ステージ111は複合材料10を2軸方向にステップ送りすることができるよう構成されている。図示のように、(垂直面上に又は紙面に平行な面上に)右方向に沿ってY軸を取り、Y軸に垂直にZ軸をとる。2軸ステージ111は複合材料10をY軸方向及びZ軸方向にステップ送りに移動することができる。

【0035】複合材料10は複数の層、例えば、上側の第1の層10Aと中間の第2の層10Bと下側の第3の層10Cの3つの層を含む。斯かる3つの層10A、10B、10Cは互いに異なる材料によって形成されている。第3の層10Cは、例えば、ガラスであってよい。

【0036】2軸ステージ111の上側に光学系が配置されており、斯かる光学系は、複合材料10の各層に対応して複数のレーザ光束を提供することができるよう構成されている。本例では、3つの層10A、10B、10Cに対応して3つのレーザ光100a、100b、100cを順次供給するように構成されている。レーザ光100a、100b、100cは例えばパルス照射されるように構成されてよい。

【0037】斯かる光学系は3つのレーザ光100a、100b、100cをそれぞれ集光する集光レンズ27a、27b、27cを有し、斯かる集光レンズ27a、27b、27cはY軸に沿って順次並べられている。

【0038】図1Aに示すように、切断加工をする場合、2軸ステージ111によって複合材料10はY軸方向に移動し、複合材料10の第1の層10Aの先端部の表面に第1のレーザ光100aが照射されるように配置される。

【0039】第1のレーザ光100aは第1の層10Aの表面にパルス照射され、各照射毎に複合材料10はZ軸方向に沿って上方にステップ送りされる。斯かるZ軸方向のステップ送り量は、第1のレーザ光100aの1ショットの照射によって除去された第1の層10Aの厚さ分に略等しい。こうして、第1の集光レンズ27aから第1の層10Aの被加工面までの距離は常に一定に保たれ、それによって、第1の層10Aの被加工面における照射エネルギー密度は常に一定になる。

【0040】第1のレーザ光100aによるパルス照射によって第1の層10Aに穴が形成され、その穴の深さが大きくなり第2の層10Bの表面が現れると、複合材料10は2軸ステージ111によってY軸方向に沿って右方向にステップ送りされる。斯かるY軸方向のステップ送り量は、第1のレーザ光100aによって第1の層10Aに形成された孔の直径に略等しい。

【0041】こうして、第1のレーザ光100aによっ

て複合材料10の第1の層10Aに孔が順次形成され、連続した孔によって複合材料10の第1の層10Aは切断される。

【0042】第1のレーザ光100aによる照射エネルギー密度は第1の層10Aを加工するために最適な値が選択される。即ち、第1のレーザ光100aは、第1の層10Aを加工するために最適な照射エネルギー密度を提供することができるよう、波長入及び光強さが選択される。

【0043】こうして、第1のレーザ光100aによって複合材料10の第1の層10Aが順次切断加工され、第1の層10Aの深さの溝が形成される。複合材料10はY軸方向に移動し、第2のレーザ光100bが複合材料10の先端部を照射する位置に到達する。

【0044】図1Bに示すように、第2のレーザ光100bは第1のレーザ光100aによって形成された溝を照射するように構成されている。従って、第2のレーザ光100bによって複合材料10の第2の層10Bの表面が照射され、それによって第2の層10Bが加工される。第2のレーザ光100bによる照射エネルギー密度は第2の層10Bを加工するために最適な値が選択される。即ち、第2のレーザ光100bは、第2の層10Bを加工するために最適な照射エネルギー密度を提供することができるよう、波長入及び光強さが選択される。

【0045】図1Cに示すように、2軸ステージ111がY軸方向に更に移動し、それによって複合材料10も更に移動する。その間、第1のレーザ光100aによって複合材料10の第1の層10Aだけが切断され、第2のレーザ光100bによって複合材料10の第2の層10Bだけが切断される。従って、第1のレーザ光100a及び第2のレーザ光100bによって複合材料10の第1の層10A及び第2の層10Bの深さの溝が形成される。

【0046】第3のレーザ光100cは斯かる溝を照射するように構成されている。従って、同様に、第3のレーザ光100cによって複合材料10の第3の層10Cの表面が照射され、それによって第3の層10Cが加工される。第3のレーザ光100cによる照射エネルギー密度は第3の層10Cを加工するために最適な値が選択される。即ち、第3のレーザ光100cは、第3の層10Cを加工するために最適な照射エネルギー密度を提供することができるよう、波長入及び光強さが選択される。

【0047】こうして、本例によると、3つの層異なる複合材料10を切断する場合、第1のレーザ光100aによって第1の層10Aが切断され、第2のレーザ光100bによって第2の層10Bが切断され、第3のレーザ光100cによって第3の層10Cが切断される。

【0048】尚、以上複合材料10を切断する場合について説明したが、第3のレーザ光100cを使用しないことによって第3の層10Cだけを残し、それによって

溝を形成することもできる。又は、第2及び第3のレーザ光100b、100cを使用しないことによって第2及び第3の層10B、10Cを残し、それによって溝を形成することもできる。

【0049】図2を参照して本発明によるレーザ加工装置の例を説明する。斯かるレーザ加工装置は図1を参照して説明した如き複合材料を切断するように構成されている。

【0050】レーザ加工装置は複合材料10を装着してそれをY軸方向及びZ軸方向にステップ送りする2軸ステージ111と斯かる2軸ステージ111を支持する定盤113とを有する。

【0051】2軸ステージ111の上方には複数のレーザ光束、例えば3つのレーザ光100a、100b、100cを提供するための光学系が配置されている。斯かる3つのレーザ光100a、100b、100cはパルス照射されるように構成されている。光学系は第1及び第2のレーザ光100a、100bを提供するための第1の光学系と第3のレーザ光100cを提供するための第2の光学系とを含む。

【0052】第1の光学系は第1の光源11aと斯かる光源11aからの光100abを偏向する第1及び第2の偏向ミラー12a、13aとエネルギー強度分布を均一にするためのホモジナイザ21aと斯かるホモジナイザ21aによってエネルギー強度分布が均一化された光束100abを2つの光束100a、100bに分割するハーフミラー14aとを有する。

【0053】第1の光学系は更に、ハーフミラー14aによって得られた第1の光束100aのエネルギー強度を減衰させるための第1のアッテネータ23aと適当な形状例えば矩形の窓を有する第1のマスク25aと第1の光束100aを集光して第1のマスク25aの像を複合材料10の第1の層10Aの照射面に結像させるための第1のレンズ27aとを有する。

【0054】第1の光学系は更にまた、ハーフミラー14aによって得られた第2の光束100bを偏向するための第3の偏向ミラー14bとエネルギー強度を減衰させるための第2のアッテネータ23bと適当な形状例えば矩形の窓を有する第2のマスク25bと第2の光束100bを集光して第2のマスク25bの像を複合材料10の第2の層10Bの照射面に結像させるための第2のレンズ27bとを有する。

【0055】第2の光学系は第2の光源11cと斯かる光源11cからの光100cを偏向する第4及び第5の偏向ミラー12c、13cとエネルギー強度分布を均一にするためのホモジナイザ21cと斯かるホモジナイザ21cによってエネルギー強度分布が均一化された光束100cを偏向する第6の偏向ミラー14cとエネルギー強度を減衰させるための第3のアッテネータ23cと適当な形状例えば矩形の窓を有する第3のマスク25cと第3

の光束100cを集光して第3のマスク25cの像を複合材料10の第3の層10Cの照射面に結像させるための第3のレンズ27cとを有する。

【0056】図1を参照して説明したように、第1、第2及び第3のレーザ光100a、100b、100cはそれぞれ複合材料10の第1、第2及び第3の層10A、10B、10Cを加工するために最適な照射エネルギー密度が得られるように構成されている。

【0057】第1及び第2の光源11a、11bの波長は、第1、第2及び第3のレーザ光100a、100b、100cによって複合材料10の第1、第2及び第3の層10A、10B、10Cの各被加工面にて最適な照射エネルギー密度が得られるように、適当に選択される。

【0058】第1及び第2の光源11a、11bは適当な紫外線レーザであってよい。例えば、第1の光源11aはエキシマレーザ(ArF: $\lambda = 249\text{nm}$)であってよく、第2の光源11bはエキシマレーザ(KrF: $\lambda = 193\text{nm}$)であってよい。

【0059】最適な照射エネルギー密度を得るために、第1、第2及び第3のアッテネータ23a、23b、23cが調節されてよく、第1、第2及び第3のマスク25a、25b、25cの窓の寸法が調節されてよい。

【0060】図3を参照して本発明によるレーザ加工装置及び方法の他の例を説明する。この例では、複合材料10に穴開け加工がなされる。

【0061】このレーザ加工装置は複合材料10を装着してそれをZ軸方向にステップ送りする1軸ステージ11Aを有する。斯かる1軸ステージ11Aは図2の例と同様に図示しない定盤113の上に支持されてよい。

【0062】1軸ステージ111Aの上方には光学系が配置されており、斯かる光学系は複合材料の複数の層に対応して複数のレーザ光束、例えば3つのレーザ光束100a、100b、100cを生成し、斯かる3つのレーザ光束100a、100b、100cによってそれぞれ複合材料10の第1、第2及び第3の層10A、10B、10Cは穴開けされる。斯かる3つのレーザ光束100a、100b、100cは複合材料10の各層の加工面の1点に照射されるように構成されている。斯かる3つのレーザ光束100a、100b、100cは例えばパルス照射されるように構成されてよい。

【0063】斯かる光学系は第1及び第2のレーザ光100a、100bを提供するための第1の光学系と第3のレーザ光100cを提供するための第2の光学系とを含む。

【0064】第1の光学系は第1の光源11aと斯かる光源11aからの光100abを偏向する第1及び第2の偏向ミラー12a、13aとエネルギー強度分布を均一にするためのホモジナイザ21aと斯かるホモジナイザ

21aによってエネルギー強度分布が均一化された光束100abを2つの光束100a、100bに分割する第1のハーフミラー14aとを有する。

【0065】第1の光学系は更に、第1のハーフミラー14aによって得られた第1の光束100aを遮断するための第1のシャッタ31aと第1の光束100aのエネルギー強度を減衰するための第1のアッテネータ23aと適当な形状例えれば円形の窓を有する第1のマスク25aと第1の光束100aを集光して第1のマスク25aの像を複合材料10の第1の層10Aの照射面に結像させるための第1のレンズ27aとを有する。

【0066】第1の光学系は更にまた、第1のハーフミラー14aによって得られた第2の光束100bを遮断するための第2のシャッタ31bと第2の光束100b

を偏向するための第3の偏向ミラー14bとエネルギー強度を減衰するための第2のアッテネータ23bと適当な

形状例えれば円形の窓を有する第2のマスク25bと第2

の光束100bを集光して第2のマスク25bの像を複合材料10の第2の層10Bの照射面に結像するための

第2のレンズ27bとを有する。

【0067】第2の光学系は第2の光源11cと斯かる

光源11cからの光100cを偏向する第4及び第5の

偏向ミラー12c、13cとエネルギー強度分布を均一に

するための第3のホモジナイザ21cと斯かるホモジナ

イザ21cによってエネルギー強度分布が均一化された光

束100cを偏向する第6の偏向ミラー14cとエネルギー

強度を減衰させるための第3のアッテネータ23cと

適当な形状例えれば円形の窓を有する第3のマスク25cと

第3の光束100cを集光して第3のマスク25cの像を複合材料10の第3の層10Cの照射面に結像させるための第3のレンズ27cとを有する。

【0068】本例のレーザ加工装置の光学系は、第1、

第2及び第3の光束100a、100b、100cを複合材料10の照射面の一点に導くために、第7の偏向ミラー15aと第2及び第3のハーフミラー15b、16

とを有する。

【0069】第2のレンズ27bより出射された第2の

光束100bは第2及び第3のハーフミラー15b、16

を透過して複合材料10の表面の1点を照射する。第

40 1のレンズ27aを経由した第1の光束100aは第7

の偏向ミラー15aによって偏向され、第2のハーフミ

ラー15bに導かれる。第1の光束100aは第2のハ

ーフミラー15bによって更に偏向されて第2の光束1

00bの光路に導かれる。こうして第1の光束100aも複合材料10の表面の照射点に導かれる。

【0070】第3のレンズ27cを経由した第3の光束

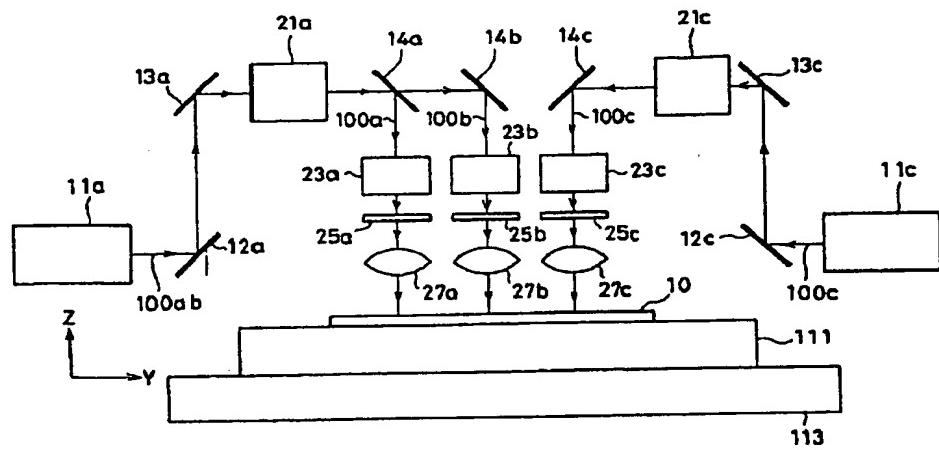
100cは第4のハーフミラー16によって偏向され、

第2の光束100bの光路に導かれる。こうして第3の

光束100cも複合材料10の表面の照射点に導かれ

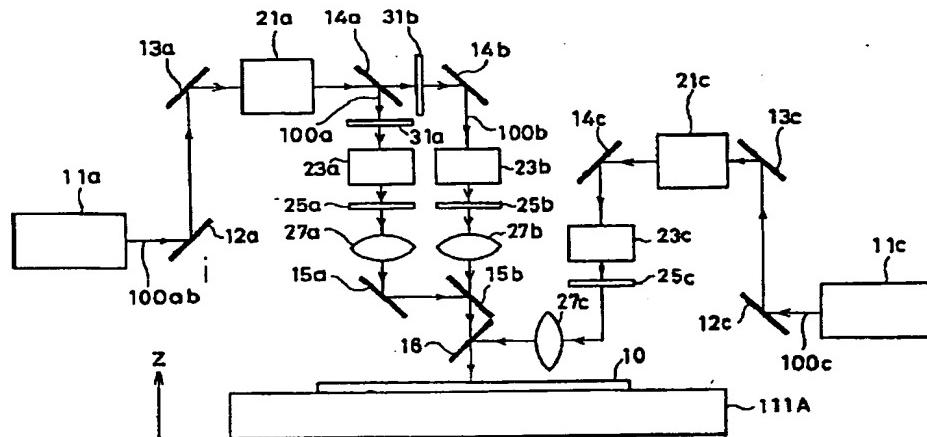
る。

[図2]



本発明によるレーザ加工装置の第1の例

[図3]



本発明によるレーザ加工装置の第2の例